

## 옥수수發芽時種子內糖含量的變化와發芽特性

金鍾震\* · 李英燦\*

### Changes of Sugar Content during Germination and Germinability in Corn

Jong Jin Kim\* and Young Chan Lee\*

**ABSTRACT** : These experiments were conducted to determine the change of sugar content during germination in corn, which were analyzed by using HPLC. Germination percentage and growth rate of Golden cross bantam 70 were higher than those of Suweon 19. The emergences of radicle and plumule of Golden cross bantam 70 were faster compared to those of Suweon 19. Three major components, sucrose, glucose and fructose, were detected during germination. Content of sucrose in two tested hybrids decreased rapidly as time passes. In embryo of Suweon 19, the content of sucrose was 38.92% on 12 hours after incubation but decreased to 4.52% on 72 hours. In that of Golden cross bantam 70, it decreased rapidly more than Suweon 19 from 53.03% on 12 hours to 8.18% on 72 hours. On the other hand, the contents of glucose and fructose increased.

**Key words** : Sugars, Germination, Glucose, Sucrose, Fructose.

옥수수 종자의貯藏養分은大部分이澱粉이며, 他穀類에 비해脂肪含量은 높은反面蛋白質含量은 낮은 편이다. 種자가發芽하기始作하면 먼저胚乳內에 있는貯藏養分이分解되어 새롭게生長하는幼植物에移動하여細胞構成成分의合成材料가 되고, 呼吸의 기질로使用되어energy를供給받아獨立營養生長을하기까지幼植物을지탱해 주는役割을 한다.<sup>8)</sup> 種자가 물을吸收하면貯藏狀態로 있는 gibberellin (이하 GA)은 우선胚에서胚乳로擴散되어胚乳를싸고 있는糊粉層에到達하게 된다.<sup>9)</sup> GA의刺戟을 받은細胞들은  $\alpha$ -amylase 및 其他加水分解酵素들을活性化시킨다.  $\alpha$ -amylase는胚乳內로分泌되어  $\beta$ -amylase와 함께澱粉을 glucose나 maltose와 같은

低分子糖으로加水分解시킨다. 生成된糖은胚盤에 의해吸收되어胚로移動되고全體幼植物이從屬營養生長을 할 수 있도록 한다.<sup>1)</sup> GA는 polysome의形成을 3~4時間에始作하여 12時間後에는 그량이最大值에到達하게 되는데, 이 polysome은  $\alpha$ -amylase合成에關與한다고報告되었고<sup>3)</sup> 옥수수 종자의發芽過程에서胚乳에存在하는貯藏養分이胚生長을 위한營養源으로利用된다는 등 많은 연구가 이루어졌다.<sup>5)</sup> 그러나 지금까지의研究는 주로種子全體內에서의物質變化를 다루었거나, 分離한 organs이나 tissues에서單純한成分이나特性 등에關해檢討되었기 때문에胚乳와胚에서 일어나는變化의相互關聯性和連續的인物質變化에對한綜合的인研究資

\*慶北大學校 農學科(Dept. of Agronomy, Kyungpook Nat'l University, Taegu 702-701, Korea) <'95. 10. 7 接受>

料는 不足한 便이다. 本 研究는 옥수수 種子가 發芽할 때, 胚乳의 主要 成分인 starch가 糖化하여 胚로 移動하는 過程에서의 糖 組成의 變化를 究明하기 위하여 發芽中의 옥수수 종자를 가지고 經時的으로 糖을 分析, 發芽生理에 關한 基礎 資料를 얻고자 本 實驗을 行하였다.

## 材料 및 方法

供試된 옥수수 品種은 馬齒種(dent corn) 水原 19호와 甘味種(sweet corn) Golden cross bantam 70이며, 重量이 비슷한 種子를 選別하여 蒸溜水로 洗滌한 후 直徑 15cm 되는 petri dish에 filter paper 2枚를 깔고, 100립씩 置床하여 25±1℃의 incubator에서 發芽시켰으며, 每日 filter paper가 마르지 않도록 蒸溜水를 補充하였으며 12時間 間隔으로 8 回, 發芽된 種子를 供試하였다.

### 1. 發芽特性 調査

各 品種 當 100粒의 種子를 置床하여 12時間 間隔으로 96時間까지의 發芽率과 幼芽 및 幼根伸長을 調査하였다, 生體重 增加率은 試料의 生體重을 置床時 乾物重에 對한 百分率로 하였다.

### 2. 糖 分析 (Sugar analysis)

糖은 單糖類 및 寡糖類를 分析하였다. 發芽中의 種子 試料 1 g씩을 置床 後 12時間 間隔으로 96時間 까지(8 回), 胚(embryo)를 分離한 胚部와 分離하지 않는 것들을 各各 供試 材料로 하여 低溫

下에서 (4±1℃) 蒸溜水 5ml를 加하여 Virtis Homogenizer (20,000 rpm)로 1分間 3回 粉碎한 後, 冷凍 遠心分離 (12,000 rpm, 40分間) 하였다. 上騰液을 取하여 50ml로 定容한 後 다시 一定量을 取해 membrane filter 로 試料를 前處理하여 HPLC 로 糖分析을 하였고<sup>14)</sup> 分析 條件은 表 1과 같다.

## 結果 및 考察

### 1. 發芽特性

馬齒種인 水原 19호와 甘味種인 Golden cross bantam 70 (以下 GCB 70) 두 品種을 置床 후 12時間 間隔으로 96時間까지 發芽率과 幼根 및 幼芽의 伸長을 調査한 結果는 表 2, 3과 같고, 發芽 初期 生育相은 그림 1과 같다.

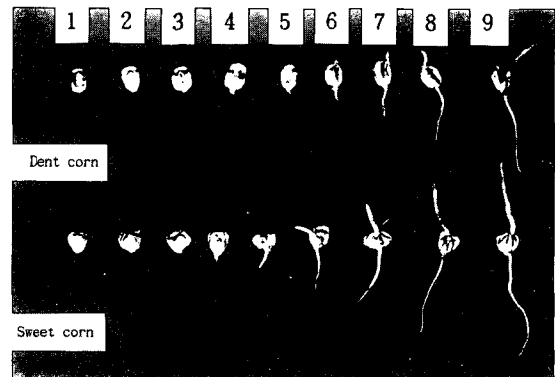


Fig. 1. Seedlings of dent corn(Suwon 19)and sweet corn(Golden cross bantam 70)at various stages during the germination.  
1: Seeding time      2: after 12 hrs  
3: after 24 hrs      4: after 36 hrs  
5: after 48 hrs      6: after 60 hrs  
7: after 72 hrs      8: after 84 hrs  
9: after 96 hrs

### 2. 發芽中 糖 含量 變化

옥수수 種子가 發芽됨에 따라 部位別(胚部와 種子 全體), 糖의 組成 變化를 究明하기 위하여

Table 1. The operation conditions of HPLC for sugar analysis

Items	Conditions
Column	Carbohydrate column (Alltech)
Column temp.	90 °C
Detector	R. I.
Mobile phase	Deionized water
Flow rate	0.5 ml /min.
Injection volume	20µl
Chart speed	0.25 cm /min.

Table 2. Germination percentage and growth rates of radicle and plumule during the early stage of germination in dent and sweet corns

Cultivars	Times after incubation (hours)								
	0	12	24	36	48	60	72	84	96
Germination(%)	-	-	-	17	52	74	92	93	93
DT <sup>1)</sup> Radicle(mm)	-	-	-	0.3	3.5	7.1	12.0	21.5	37.5
Plumule(mm)	-	-	-	-	-	3.1	6.3	9.5	16.8
Germination(%)	-	-	12	82	97	98	98	98	98
ST <sup>2)</sup> Radicle(mm)	-	-	0.2	5.2	10.5	22.0	34.9	46.3	54.3
Plumule(mm)	-	-	-	-	2.5	7.5	19.3	27.5	45.3

1)DT: dent corn (Suwon 19) seed. 2)ST: sweet corn (Golden cross bantam 70) seed.

Table 3. Increased percentage in fresh weight of seed and embryo of dent corn and sweet corn during the early stage of germination

Cultivars	Times after incubation (hours)								
	0	12	24	36	48	60	72	84	96
	..... % .....								
DT <sup>1)</sup>	112.3	125.7	132.6	135.6	136.1	148.5	185.1	213.2	238.6
DE <sup>2)</sup>	-	129.2	133.3	139.5	143.0	158.8	197.8	228.5	286.3
ST <sup>3)</sup>	116.8	148.5	177.3	198.7	206.1	221.5	269.6	295.8	381.1
SE <sup>4)</sup>	-	133.9	134.2	174.6	181.0	220.1	284.6	365.6	581.8

1)DT : Dent corn (Suwon 19) seed. 2)DE : Dent corn (Suwon 19) embryo.

3)ST : Sweet corn (Golden cross bantam 70) seed

4)SE : Sweet corn (Golden cross bantam 70) embryo.

時間別로 糖 含量을 分析하였다.

糖 分析을 위해 使用한 試藥은 Sigma standard를 使用하였고, HPLC chart 상에 檢出된 糖과 RT (retention time)는 sucrose; 7.40, maltose; 7.52, lactose; 7.80, glucose; 9.44, xylose; 10.37, galactose; 10.48, mannose; 10.68, fructose; 11.36, arabinose; 11.78, ribose; 17.13였으나, 옥수수 種子 試料를 分析한 結果 sucrose, glucose, fructose만 檢出되어 이 3종의 糖을 分析 指標로 하였다.

#### 1) 品種別 糖 組成의 變化

馬齒種 水原19호의 置床 後 發芽 經過時間別 部位別 糖의 分析한 結果는 表 4와 같다.

水原19호에서 發芽前 種子의 sucrose 含量은 33% 였으나, glucose 와 fructose는 3.5%, 3.3% 로 sucrose의 10%에 불과했다. 그러나 發芽가 進行되는 36 → 72hr에서는 發芽植物 全體(DT)의

sucrose는 15.6 → 8.5%까지 漸次 減少되는 反面, 單糖인 glucose와 fructose는 漸次 增加하여 glucose; 11.6 → 28.1%, fructose; 9.8 → 17.8 % 水準까지 增加하는 傾向을 보였다.

幼芽와 幼根이 포함된 胚組織(DE)의 糖 組成도 胚乳가 包含된 發芽植物體에서와 같은 傾向으로 發芽初期에 sucrose; 38.9% 였으나, 單糖의 glucose와 fructose는 2.8%와 2.6%에 不過하였다. 發芽가 進行되는 36 → 72hr에서의 glucose는 6.6 → 28.9%, fructose는 13.6 → 21.5% 까지 各 各 增加하였으며, sucrose는 14.6 → 4.5%로 急激히 減少하는 傾向이었다.

甘味種 Golden cross bantam 70(GCB 70) 種子 內 糖과 發芽時 經時的 部位別 糖 變化를 調査한 結果는 表 5와 같다. 甘味種은 馬齒種에 比하여 disaccharide인 sucrose가 적고 monosaccharide인 glucose 와 fructose가 發芽가 始作되기 前부터 많았다.

Table 4. Changes of various sugars of dent corn(Suwon 19) in embryo and kernel during the early stage of germination

Culti- vars	Sugars	Times after incubation (hours)									
		0	12	24	36	48	60	72	84	96	M <sup>3)</sup>
.....%.....											
DT <sup>1)</sup>	Sucrose	33.35	29.53	25.89	15.60	16.29	7.52	8.54	8.22	10.56	15.27
	Glucose	3.51	4.18	11.71	11.64	15.80	15.73	28.11	18.61	22.38	16.02
	Fructose	3.34	10.09	9.52	9.81	15.31	8.71	17.83	17.65	12.54	12.68
	Total	40.20	43.80	47.12	37.05	47.40	31.96	54.48	44.48	45.48	43.97
.....%.....											
DE <sup>2)</sup>	Sucrose	-	38.92	42.25	14.64	16.54	8.70	4.52	11.24	5.58	17.80
	Glucose	-	2.84	1.42	6.61	11.96	20.49	28.87	15.21	16.14	12.94
	Fructose	-	2.55	2.81	13.59	13.54	17.17	21.48	25.12	13.68	13.74
	Total	-	44.31	46.48	34.84	42.04	46.36	54.87	51.57	35.40	44.48

1) DT : Dent corn(Suwon 19) seed. 2) DE : Dent corn(Suwon 19) embryo.  
3) M : Mean of sugar content of 12 to 96hr.

發芽前 種子內(ST)의 糖類 含率은 sucrose; 17.7%, glucose; 14.4%, fructose; 8.0%로 水原 19호와 比較할 때 많은 差가 있었다. 種자가 發芽 되는 36 → 72 hr에서 glucose는 8.0 → 20.3%, fructose는 8.9 → 28.6%로 더욱 增加되고, sucrose는 20.5 → 8.6%로 減少되었다. 幼芽 및 幼根의 胚部(SE)는 浸種 初의 12 hr에서 Sucrose는 59%로 높았고 經時的 變化(36 → 48 → 72 hr)를 보면 sucrose는 28.7 → 28.5 → 8.7%로 減少하였으며, glucose는 1.2 → 0.9 → 18%, Fructose는 6 → 6.7 → 10.1%로 多少의 增加를 보였다.

## 2) Sucrose의 變化

品種別 胚部와 種子內 sucrose의 經時的 含率을 分析한 表 4, 5를 보면 發芽植物 全體에서 水原 19호(DT)가 置床 後 12hr; 29.53%, 36hr; 15.60%, 60hr; 7.52%로 時間이 經過됨에 따라 sucrose의 比率이 큰 幅으로 減少되었다. GCB(S-T)는 置床 後 12hr; 39.83%, 36hr; 20.45%, 72hr; 8.61%로 水原19호와 비슷한 傾向으로 發芽가 進行됨에 따라 sucrose 含率이 急速하게 줄어 들었다. 그러나 水原19호보다 種子에서 sucrose 含量이 多少 낮았던 GCB 70 이 置床과 同時에 增加된 것은 sucrose 以外的 澱粉 같은 多糖 으로부터 sucrose로 分解되어 供給된 것으로 思

料된다. 水原 19호가 置床 36時間 以後부터 GCB 70 보다 더 減少된 것은 GCB 70은 種子內에 胚가 利用하기 容易한 mono-oligosaccharide가 많이 貯藏되고 發芽에 關與하는 enzymes, GA들이 plumule, scutellum등에 standby되어 水原 19호 보다 energy 供給이 容易하여 發芽가 12~24hr 빠르고 多糖類의 解糖도 빠른 것으로 考察된다. 胚組織의 境遇에도 水原 19호(DE)가 置床 後 12 hr; 38.92%, 36hr; 14.64%, 72hr; 4.52%로 큰 幅으로 減少하였고, GCB 70은 置床 後 12hr; 59.03%, 36hr; 28.70%, 72hr; 8.68%로 더욱 顯著한 減少를 보였다.

## 3) Glucose와 fructose의 變化

두 品種의 置床 後 經過 時間에 따른 glucose와 fructose의 含率을 分析한 結果는 表 4, 5와 같다. glucose에 있어 發芽된 幼植物 全體 粒에서 水原 19호(DT)는 置床 後 12hr; 4.18%, 36hr; 11.64%, 72hr; 28.11%로 全般的으로 增加하였다. GCB(ST)는 12hr; 0.87%, 36hr; 7.95%, 72hr; 20.31%로 增加의 傾向을 보였으나, 置床 後 48hr; 2.10%, 60hr; 0.70% 등 部分的인 減少의 境遇도 있어 變化의 幅이 더욱 顯著하였다. GCB 70이 水原 19호보다 置床 12時間 以後 glucose의 減少幅이 더 큰 것은 初期에 發芽가 促進되므로서 單糖類가 發芽 energy로의 消耗가 顯著하였던 것

Table 5. Changes of various sugars of sweet corn(GCB 70) in embryo and kernel during the early stages of germination

Culti- vars	Sugars	Times after incubation (hours)									
		0	12	24	36	48	60	72	84	96	M <sup>3)</sup>
.....%.....											
ST <sup>1)</sup>	Sucrose	17.67	39.83	24.04	20.45	25.48	18.50	8.61	11.49	14.02	20.30
	Glucose	14.40	0.87	7.20	7.95	2.10	0.70	20.31	22.38	29.20	11.34
	Fructose	8.04	2.99	5.20	8.91	7.40	8.45	28.64	7.83	6.52	9.49
	Total	40.11	43.69	36.44	37.31	34.90	27.65	57.56	41.70	49.74	41.13
.....%.....											
SE <sup>2)</sup>	Sucrose	-	59.03	32.82	28.70	28.53	17.76	8.68	9.94	7.39	24.11
	Glucose	-	2.36	1.77	1.20	0.90	1.92	17.96	21.06	14.54	7.71
	Fructose	-	5.25	6.36	6.02	6.69	17.76	10.10	10.30	6.21	8.59
	Total	-	66.64	40.95	35.92	36.12	37.44	36.74	41.30	28.14	40.41

1) ST : Sweet corn( GCB 70 ) seed.    2) SE : Sweet corn(GCB 70) embryo.  
3) M : Mean of sugar content of 12 - 96hr.

으로 思料되며, 本 研究에 供試된 두 品種 間의 糖 含量의 差異가 發芽의 遲速과 一致되는 것으로 考察된다. fructose의 境遇도 glucose와 같이 發芽가 進行됨에 따라 그 含量이 全般的으로 增加하는 傾向을 보였다. 發芽가 始作되면 sucrose가 invertase에 의하여 glucose와 fructose로 轉化되어<sup>1)</sup> 新生하는 幼組織으로 移動하게 된다.

發芽는 GCB 70이 水原 19호보다 빨랐다. 置床後 48時間의 發芽率은 水原 19호; 52%, GCB 70; 97%로 GCB 70이 높게 나타난 것은 胚乳에서 生成되는 糖의 種類 및 含量과 密接한 關聯이 있는 것으로 생각된다. Shannon과 Garwood<sup>10)</sup>는 胚乳의 炭水化物 合成과 關聯된 突然變異들을 蔗糖으로부터 澱粉 合成에 必要한 物質인 AD-P-glucose와 UDP-glucose가 만들어지는데 關係하는 酵素들이 缺乏한 것(I 군)과 澱粉合成反應에 關與하는 酵素들의 機能障病가 있는 것(II 군)으로 分類하였고, I 군의 突然變異들은 澱粉과 phytyglycogen 代身에 糖을 蓄積한다고 하였다.

以上の 실험 結果를 고찰하면 種子가 水分을 吸收하면 休眠 상태의 GA가 胚에서 胚乳로 擴散되어 endosperm의 糊粉層에 到達하게 되고<sup>9)</sup> 胚組織 속에 있는 α 및 β-amylase 등의 enzyme에 의해 oligo, polymer, starch등이 加水分解되어 低分子 糖으로 分解되어 scutellum를 通하여 embryo 의 生長 energy로 供給되면 radicle, plu-

mule 등이 出現하여 急 生長하게 된다.<sup>6,12,13)</sup> 種實의 全 發育過程을 通하여 多糖類는 繼續 增加하는데, 특히 甘味種에서는 水溶性 多糖類(water-soluble polysaccharides)가 많으며 甘味種 옥수수 Shrunken-2 같은 品種에서 starch는 比較的 적은 反面, sucrose 등은 많이 含有한다고 報告되었다<sup>1)</sup> 또한 發芽 過程에서도 Macgregor 등<sup>7)</sup>은 starch 의 分해는 embryo와 endosperm이 接한 部位에서 시작하여 먼 部位로 進행된다고 하였는데, 胚乳에 많이 含有된 水溶性 多糖類는 물론 種子內의 oligosaccharides 특히 sucrose 등이 分解되어 새로 生長하는 幼組織에 移動되므로 甘味種인 GCB 70은 胚乳의 大部分이 澱粉으로 된 水原 19호보다 energy 供給이 容易하여 早期 發芽된 것으로 생각된다.

James 등<sup>4)</sup>은 단 옥수수가 찰 옥수수에 比하여 總糖의 含量이 越等히 높으며 特히 sucrose의 含量이 많아 매우 높은 甘味를 나타내며 還元糖인 glucose나 fructose는 生育 初期에는 많으나, 生育 後期에 갈수록 그 含量이 漸次 減少되었는데, 이러한 結果는 登熟이 進展됨에 따라 還元糖의 含量은 漸次 減少되는 反面, sucrose 含量은 漸次 높아질 뿐만 아니라 生育 後期까지도 starch로의 轉移가 되지 않고 比較的 安定的인 oligosaccharides등으로 殘留하게 되어 kernel에 貯藏되기 때문이다.<sup>2)</sup> 이는 本 實驗에서의 甘味種 옥수수 發

芽試驗結果와 一致되는 것으로 思料된다.

특히 置床 12時間 後의 糖 變化에서 種子의 吸水와 同時에 수원 19호는 種子內 二糖이 서서히 轉化되어 減少되면서 單糖 含量이 增加하는데 反해서, GCB 70은 수원 19호보다 吸水速度가 빠름과 同時에 種子內에 多量 含有하고 있는 glucose와 fructose 等の 單糖이 即時 發芽 energy로 利用되어 急激한 減少를 보였고, 置床 24時間 以後부터는 sucrose의 轉化에 依해 glucose와 fructose 含量이 다시 補充된 것으로 인정된다. Plumule이 生長하는 置床 後 48~60時間에 다시 單糖의 energy化에 인한 消費로 減少되다가 後에 胚乳의 多糖 또는 그 誘導體가 酵素에 依해 sucrose가 單糖으로의 轉化가 繼續 이루어져 發芽 植物體의 組織 生成 및 分化 伸長에 利用 되는 것으로 思料된다.

## 摘 要

옥수수 種子 發芽時 胚乳의 澱粉이 分解되어 胚로 移動하는 過程에서 일어나는 糖類의 組成 變化 및 代謝를 究明하고자 甘味種 Golden cross bantam 70과 馬齒種 水原 19호를 供試하여 發芽中의 植物 全體 및 胚部를 經時的으로 HPLC로 分析하여 옥수수 種子 發芽生理에 關한 基礎資料를 얻고자 行한 本 實驗의 結果는 다음과 같다.

1. 옥수수 種子中의 mono-oligosaccharides 에서 甘味種은 mono-saccharide가, 馬齒種은 sucrose가 많았고, 發芽 初의 높은 mono-saccharide 含量은 發芽를 促進시켰다.
2. 發芽中 옥수수 種子 植物體에서 生成되는 主要糖은 sucrose, glucose, fructose 등 三種이었다.
3. 수원19호와 Golden cross bantam 70 두 品種 모두 發芽가 進行됨에 따라 sucrose의 組成含量은 急速하게 減少되고 glucose와 fructose의 含量은 增加하는 傾向을 보였다.
4. 發芽 幼植物 全體와 胚部 部位間에 있어 水原 19호 및 Golden cross bantam 70 모두 發芽 初期에는 mono saccharide의 glucose가 胚部

에는 적고 胚乳를 包含한 植物 全體에는 많았으나, 發芽 後期에는 큰 差異를 認定할 수 없었다.

5. 胚部 組織의 sucrose 含量의 經時的 減少 變化에 있어 甘味種 Golden cross bantam 70이 馬齒種 水原 19호보다 減少의 幅이 더욱 顯著하였음을 알 수 있었다.

## 引用文獻

1. Bewley, J. B. and M. Black. 1978. Physiology and biochemistry of seeds. Development, germination and growth. Springer-Verlag, New York. p. 245-263.
2. Bletz, J. A. and J. Wall. 1972. Cereal Chemistry 49, 416-423.
3. Evins, W. H. 1971. Enhancement of polyribosome formation and induction of tryptophan-rich protein by gibberellic acid. Biochemistry 10:4295-4303.
4. James, F., Kientz, J. K. Greig and H. L. Mitchell. 1966. Sugar components of sweet corn cultivars as influenced by maturity. Amer. Soc. Hort. Sci. 87:313-317.
5. John, I. L. Beevers and R. H. Hageman. 1964. Metabolic Changes associated with the germination of corn. Plant Physiol. 39:735-740.
6. MacLeod, A. M. and G. H. Palmer. 1966. The embryo of barley in relation to modification of the endosperm. J. Inst. Brew. 72:580-589.
7. Macgregor, A. W. and R. R. Matsuo. 1982. Starch degradation in endosperms of barley and wheat kernels during initial stages of germination. Cereal Chemistry. 59(3), 210-216.
8. Nakamura, M. 1978. Degradation of starch granules during barley germination. Chem. and Biol. 16:626-640.

9. Radley, M. 1967. Site of production of gibberellin-like substances in germinating barley embryos. *Planta*, 75:164-171.
10. Shannon, J. C. and D. L. Garwood, 1983. Genetics and physiology of starch. In R. L. Whistler, E. F. Paschall and J. N. Be-Miller (eds). *starch:chemistry and industry*. 2nd ed. Academic Press. New York.
11. Shannon, J. C. and C. T. Dougherty. 1972, Invertase activity at the time of starch synthesis commence in the endosperm of maize. *Pl. Physiol.* 49, 203-207.
12. 金鍾震, 郭增煥. 1988. GA와 B-9 處理가 옥수수發芽에 미치는影響. 慶北大農學誌. 6: 1-6.
13. 金鍾震, 李英濼, 金靜妍. 1990. GA와 BA 處理濃도가 옥수수의發芽와胚乳의養分消長에 미치는影響. 慶北大農學誌. 8:1-7.
14. 森立次郎, 佐橋佳一. 1969. 生化學講座 2. 生體成分 1. pp. 19-146.